



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 63 944 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
F 01 P 7/00

②① Aktenzeichen: 101 63 944.9
②② Anmeldetag: 22. 12. 2001
④③ Offenlegungstag: 3. 7. 2003

DE 101 63 944 A 1

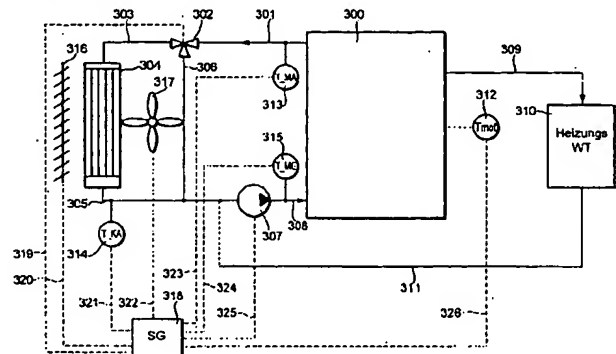
⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Schmitt, Manfred, 64646 Heppenheim, DE; Deuble,
Peter, 71696 Möglingen, DE; Mann, Karsten, 70469
Stuttgart, DE; Kaefer, Oliver, 71711 Murr, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems, Computerprogramm, Steuergerät, Kühlsystem und Brennkraftmaschine

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei die Komponenten von einem Steuergerät angesteuert werden. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ein Steuergerät zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ein Kühlsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit ansteuerbaren, elektrisch betätigbaren Komponenten und eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.



DE 101 63 944 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei die Komponenten von einem Steuergerät angesteuert werden. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ein Steuergerät zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ein Kühlsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit ansteuerbaren, elektrisch betätigbaren Komponenten und eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.

Stand der Technik

[0002] Aus der DE 37 01 584 C2 ist eine Vorrichtung zum betätigen einer am Kühler eines wassergekühlten Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeugs angeordneten Jalousie bekannt. Die Kühlerjalousie ist über eine Antriebswelle mit einem Elektromotor verbunden, womit es möglich ist, die Jalousie zwischen zwei Einstellungen zu bewegen. Hierbei gibt die eine Einstellung den Kühler vollständig frei und ist somit einer oberen Betriebsgrenztemperatur der Kühlflüssigkeit zugeordnet und in der zweiten Einstellung ist die Kühlerjalousie vollständig geschlossen, was prinzipiell niedrigen Kühlmitteltemperaturen zugeordnet ist. Die Ansteuerung der Kühlerjalousie erfolgt in Abhängigkeit von der Kühlflüssigkeitstemperatur und zusätzlich durch ein Dehnstoffelement, das bei hohen Kühlwassertemperaturen anspricht und eine Kupplung löst, so dass die unter Last stehende Jalousie selbsttätig in ihre Kühlerfreigabestellung gelangt, um bei hohen Kühlwassertemperaturen eine Schädigung des Kühlsystems und/oder des Verbrennungsmotors zu verhindern.

[0003] Aus der DE 37 38 412 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Motorkühlung bekannt, bei dem dem zu kühlenden Motor eine mechanische und eine elektrische Kühlmittelpumpe zugeordnet sind, wobei die elektrische Kühlmittelpumpe von einem elektronischen Schaltgerät angesteuert wird. Die Förderleistung der elektrischen Pumpe wird in Abhängigkeit von Betriebskennwerten des zu kühlenden Motors sowie weiterer Größen festgelegt, während die mechanische Pumpe für eine Grundförderleistung ausgelegt ist. Das Kühlsystem entsprechend der DE 37 38 412 A1 besteht aus zwei Kühlmittelwegen, wobei in dem ersten Kühlmittelweg ein als Kühler betriebener Wärmetauscher angeordnet ist, dessen Kühlleistung mit Hilfe einer Kühlerjalousie sowie eines Ventilators beziehungsweise eines Lüfters veränderbar ist. Im zweiten Kühlmittelweg oder alternativ in einem separaten Kühlmittelkreislauf ist ein weiterer Wärmetauscher angeordnet, dessen Abwärme zu Heizungszwecken oder zur weiteren Moorkühlung verwendet wird. Der zweite Kühlkreislauf kann insbesondere dadurch zur Motorkühlung verwendet werden, dass eine Luftklappe durch das elektronische Schaltgerät geöffnet werden kann, wobei die Luftklappe den Heizluftkanal sperrt und einen im Freien mündenden Luftkanal freigibt. Mit anderen Worten: Die Abwärme des Motors wird nicht in den Innenraum des Kraftfahrzeugs, sondern an die Umgebung abgegeben. Das die elektrische Pumpe und die übrigen Komponenten, Jalousie, Gebläse und Mischventile ansteuernde elektronische Schaltgerät erhält, zusätzlich zur Kühlmitteltemperatur, weitere Informationen wie beispielsweise die Motorbetriebsstemperatur, die Motorraumtemperatur, Temperaturen von Motorteilen, die Umgebungstemperatur, die Motordrehzahl, die Fahrgeschwindigkeit sowie ein

Drucksignal des Kühlmittels zugeführt. Mit diesen Informationen ist eine präzise Anpassung der Förderleistung der elektrischen Pumpe an die erforderliche Kühlleistung möglich. Bei kaltem Motor fließt das Kühlmittel über einen Bypass am Motorkühler vorbei. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass sich der Motor möglichst rasch auf die Betriebstemperatur erwärmt, da ein Verbrennungsmotor bei optimaler Betriebstemperatur den maximalen Wirkungsgrad aufweist. Die Messung der Fahrgeschwindigkeit hat insbesondere auf die Betätigung der Jalousie und des Ventilators Einfluß. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten wäre es beispielsweise unzweckmäßig, die Jalousie geschlossen zu halten und den Ventilator einzuschalten. Derartige unzweckmäßige Betriebszustände sind mit einem elektronischen Schaltgerät erkenn- und vermeidbar. Entsprechend der Vorrichtung und dem Verfahren zur Motorkühlung nach der DE 37 38 412 A1 wird ein schnelles Erreichen und präzises Halten der Kühlmitteltemperatur ermöglicht. Der Motor wird dadurch in einen Temperaturbereich mit maximalem Wirkungsgrad gehalten. Der schnelle Aufheizvorgang reduziert den Verschleiß bei niedrigen Betriebstemperaturen. Das elektronische Schaltgerät schließt darüber hinaus nicht sinnvolle Betriebszustände aus.

[0004] In einer Pressemitteilung der Robert Bosch GmbH Stuttgart anlässlich der IAA 2001 wurde ein Thermomanagementsystem mit seinen Komponenten vorgestellt. Entsprechend der Pressemitteilung sind die Voraussetzungen für eine situationsgerechte Temperaturregelung elektromotorisch angetriebene, stufenlos regelbare Komponenten: eine Wasserpumpe, Proportional-Regelventile, ein angepasstes Kühlergebläse und eine Kühlerjalousie, die allesamt über eine in einem Motorsteuergerät integrierte Elektronik angesteuert werden. Entkoppelt von der Motordrehzahl regelt dieses System Kühlmitteltemperatur und Volumenstrom besser als thermostat- und riemengetriebene Wasserpumpen es vermögen. Sekundenschnelle Anpassung an thermische Veränderungen auch bei abgeschaltetem Motor und permanente Funktionsüberwachung vermeiden Probleme wie dauerhaft "unterkühlt" laufende Motoren und unbemerkte Überhitzung bei Spitzenlast. Mit dem Thermomanagement modifizierte Motoren können künftig im Leerlauf oder Teillastbetrieb auf einem erstrebenswert höheren Temperaturniveau gehalten werden. Reduzierte Reibungsverluste, verbesserte Verbrennung und somit verminderte Abgasemissionen, aber auch Verbrauchsreduzierung und Erhöhung des Heizkomforts im Fahrzeuginnenraum sind die Folge. Ein solches Thermomanagementsystem kann mit zusätzlichen Komponenten wie beispielsweise einem elektrischen Zuheizter flexibel erweitert werden. Eine Vernetzung mit elektronisch geregelten Klimaanlage ist möglich.

[0005] Die DE 198 31 901 A1 offenbart eine Vorrichtung zum kühlen eines Motors für ein Kraftfahrzeug. Bei dem offenbarten Kühlkreislauf eines Verbrennungsmotors wird die Aufteilung der Kühlmittelströme in einzelne Teilkreisläufe nicht über Thermostatventile als aktive Elemente erreicht, sondern über mindestens eine weitere, zusätzlich zu einer Hauptwasserpumpe betriebene, Pumpe. Durch den Einsatz einer solchen Zusatzwasserpumpe wird die Hauptwasserpumpe unterstützt. Die Hauptwasserpumpe kann somit mit kleinerer Leistung betrieben beziehungsweise kleiner dimensioniert werden. Entsprechend der DE 198 31 901 A1 ist es auch möglich, mehrere, hinsichtlich ihrer Leistung ähnliche Pumpen im Kühlmittelkreislauf zu benutzen, die dann speziell zugeordnete Kühlaufgaben wahrnehmen. Beispielshaft ist angeführt, dass der Zylinderkopf des Motors separat und regelbar gekühlt wird oder dass einzelne Zylinder von jeweils einer Pumpe mit Kühlmittel versorgt werden. Damit ergibt sich auch die Möglichkeit, verschiedene Temperatur-

niveaus in den Zylindern des Motorblocks gezielt einzustellen. Durch die Verwendung elektromotorisch betriebener, unabhängiger und von der Drehzahl des Motors unabhängig regelbarer Pumpen ist es möglich, dass der Kühlmittelstrom in Teilströme aufgeteilt wird, die jeweils entsprechend der thermischen Belastung des Motors eingestellt werden können. Im Vergleich zu konventionellen Vorrichtungen kann eine effizientere und somit auch energiesparendere Form der Motorkühlung realisiert werden. Die DE 198 31 901 A1 weist darauf hin, dass sich durch die regelbare Pumpe die Einstellung eines definierten Volumenstromes durch den Wärmetauscher (Wärmetauscher zur Beheizung des Fahrgastraumes) auf einfache Weise regeln läßt. Die Schalt- und Regelvorgänge im Kühlkreislauf werden von einem übergeordneten Steuergerät erfaßt, dessen Programmierung im Hinblick auf die Kühlung des Motors und dessen Energieverbrauch möglichst effizient betrieben wird.

Aufgabe

[0006] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs gegenüber dem Stand der Technik zu verbessern.

Lösung und Vorteile der Erfindung

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei die Komponenten von einem Steuergerät angesteuert werden und wobei die Ansteuerung mittels einer Vorsteuerung erfolgt. Durch die erfindungsgemäße Ansteuerung mittels einer Vorsteuerung wird die Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten gegenüber dem Stand der Technik verbessert. Durch eine Vorsteuerung ist es in vorteilhafter Weise möglich, die Ansteuergrößen für die elektrisch betätigbaren Komponenten unmittelbar bei einem Betriebspunktwechsel des Kraftfahrzeugs an die neuen Betriebsbedingungen anzupassen. Eine erfindungsgemäße Weiterbildung sieht vor, dass der Vorsteuerung Regler überlagert sind. Durch die Überlagerung von Reglern können Abweichungen von Sollgrößen, also von angestrebten Optimalwerten, die durch nicht berücksichtigte Einflussgrößen hervorgerufen werden, beispielsweise Störgrößen, kompensiert werden. Im realen Betrieb eines Kraftfahrzeugs treten häufig schnelle Betriebspunktwechsel auf, auf die trotz des stark totzeitbehafteten Systems schnell reagiert werden muß. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens ist eine sehr schnelle und sehr exakte Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs möglich, was zu einer guten Regelgüte führt.

[0008] Die bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Überlagerung der Regler mittels einer Priorisierung der Reglerwerte erfolgt. Hierdurch werden in idealer Weise die Vorteile eines Vorsteuerwertes (stellenergieoptimierte Vorsteuerwerte, geringerer Regleraufwand, usw.) mit den Vorteilen von mit einer Priorität verknüpften Reglerwerten verbunden. Durch die Priorisierung kann beispielsweise nur der Anteil eines Reglerwertes zur Ansteuerung an die elektrisch betätigbare Komponente weitergeleitet werden, der entsprechend der Priorität zu einer minimalen Stellenergie mit Blick auf den optimalen Gesamtwirkungsgrad des gesamten Kühlsystems oder sogar des gesamten Kraftfahrzeugs führt. Anders ausgedrückt werden die Signale der Reglereingriffe so modifiziert, dass alle Regelziele mit einem besseren Wirkungsgrad eingehalten werden.

Denkbar wäre es, dafür auch adaptive Verfahren einzusetzen.

[0009] Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass zur Vorsteuerung jeder einzelnen Komponente ein Betriebspunktabhängiges Kennfeld für die jeweilige Komponente vorgesehen ist. Diese Vorsteuerkennfelder können so bedatet sein, dass sich für jeden Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs eine Konfiguration der elektrisch betätigbaren Komponenten ergibt, die nahe am energetischen Optimum liegt. Somit kann in vorteilhafter Weise verhindert werden, dass eine elektrisch betätigbare Komponente, die einen höheren Stellenergiebedarf als eine andere elektrisch betätigbare Komponente aufweist, angesteuert wird, obwohl die Ansteuerung der anderen elektrisch betätigbaren Komponente mit einem geringeren Stellenergieaufwand zum praktisch gleichen Resultat für das Kühlsystem der Brennkraftmaschine führen würde.

[0010] Eine bevorzugte Weiterbildung sieht vor, dass für jede elektrisch betätigbare Komponente eine separate Vorsteuerung und ein separater Regler vorgesehen ist. Dies bietet den Vorteil, dass in den Fällen, in denen unterschiedliche Störgrößen für die verschiedenen elektrisch betätigbaren Komponenten existieren, individuell auf die jeweilige Störgröße reagiert werden kann, um in jeder Betriebsituation eine optimale und schnelle Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten zu gewährleisten.

[0011] Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten Betriebspunktabhängige Sollgrößen für wenigstens eine der folgenden Größen aus Betriebspunktabhängigen Kennfeldern bestimmt: Motortemperatur, Kühlreservendifferenztemperatur oder Motordifferenztemperatur. Als Motortemperatur kann beispielsweise eine Kühlmitteltemperatur am Motorausstritt oder Temperaturen im Inneren des Motors herangezogen werden. Als Motordifferenztemperatur kann beispielsweise die Temperaturdifferenz zwischen Kühlmittellein- und -austritt am Motor oder die Temperaturdifferenz zwischen einer kritischen, motorinternen Temperatur und einer Kühlmitteltemperatur am Motoreintritt oder die Temperaturdifferenz zweier motorinterner Temperaturen, definiert sein. Unter der Kühlreservendifferenztemperatur versteht man eine Differenztemperatur, die im Zusammenhang mit einer Kühlreserve steht, d. h. beispielsweise die Temperaturdifferenz über einem Motorkühler oder die Temperaturdifferenz zwischen einem Kühlmittel am Kühleraustritt und der Motortemperatur oder die Kühlmitteltemperaturdifferenz zwischen Kühleraustritt und Motoreintritt. Ähnlich der Momentenreserve in einer Motorsteuerung wird durch eine betriebspunktabhängige Kühlleistungsreserve sichergestellt, dass beispielsweise auf eine plötzlich eintretende Erhöhung der Motorlast möglichst dynamisch reagiert werden kann.

[0012] Die Vorgabe der zuvor genannten Sollgrößen Motortemperatur, Kühlreservendifferenztemperatur oder Motordifferenztemperatur führt zu einer schnellen und sicheren Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten. Vorteilhaft wird der Sollwert für die Kühlreservendifferenztemperatur aus einem Kennfeld entnommen, das wenigstens vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine, insbesondere einer Motorlast und/oder vom Fahrttyp und/oder von einer Fahrsituation und/oder von einem Kühlkreislaufzustand abhängig ist. Auf diese Weise werden praktisch "beherrschbare Störgrößen" in vorteilhafter Weise in das Steuerungskonzept eingebunden.

[0013] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Struktur aus Vorsteuerung mit überlagertem Regler sieht vor, dass die Reglerverstärkungen wenigstens von einem Kühlmittelvolumenstrom abhängig sind. Dies ist deshalb vorteilhaft, da

sich die Transportzeiten und Zeitkonstanten und damit die Reaktionszeiten im Kühlkreislaufsystem volumenstromabhängig ändern. Beispielsweise kann ein sogenannter Gain-Scheduling-PID-Regler eingesetzt werden. Vorteilhaft werden die Reglerverstärkungen mit Hilfe eines Beobachters der jeweiligen Volumenströme ermittelt.

[0014] Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten derart erfolgt, dass ein betriebspunktabhängiger Mindestvolumenstrom eines Kühlmittels sichergestellt ist. Durch die Berücksichtigung eines Mindestvolumenstroms wird zuverlässig eine Schädigung des Motors bzw. der Komponenten des Kühlkreislaufsystems vermieden, da eine Bildung von sogenannten Hotspots (überhitzte Stellen) vermieden wird.

[0015] Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung werden ein Kühlerlüfter und eine Kühlerjalousie von der Ansteuerung her als eine gemeinsame Komponente angesteuert. Dies ist deshalb möglich, da jede dieser elektrisch betätigbaren Komponenten (Kühlerlüfter und Kühlerjalousie) den Luftmassenstrom entweder nur erhöhen oder erniedrigen können.

[0016] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Computerprogramms, das für eine Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Das Computerprogramm weist eine Abfolge von Befehlen auf, die dazu geeignet sind, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wenn sie auf einem Computer ausgeführt werden. Weiterhin kann die Abfolge von Befehlen auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sein, beispielsweise auf einer Diskette, einer Compact-Disk, einem sogenannten Flash Memory oder dergleichen.

[0017] Das Computerprogramm kann gegebenenfalls zusammen mit anderen Computerprogrammen als Softwareprodukt, beispielsweise an einen Hersteller von Steuergeräten für Brennkraftmaschinen vertrieben werden. Die Übermittlung des Softwareprodukts kann dabei durch die Übersendung einer Diskette oder einer CD erfolgen, deren Inhalt der Steuergeräte-Hersteller dann auf das Steuergerät überträgt. Ebenfalls ist es möglich, dass ein Flash Memory an den Steuergeräte-Hersteller versandt wird, den dieser direkt in das Steuergerät einsetzt. Ebenfalls ist es möglich, dass das Softwareprodukt über ein elektronisches Kommunikationsnetzwerk, insbesondere über das Internet, an den Steuergeräte-Hersteller übermittelt wird. In diesem Fall stellt das Softwareprodukt als solches – also unabhängig von einem elektronischen Speichermedium – das Vertriebsprodukt dar. Der Steuergeräte-Hersteller lädt in diesem Fall das Softwareprodukt, z. B. aus dem Internet herunter, um es danach beispielsweise auf einem Flash Memory abzuspeichern und in das Steuergerät einzusetzen.

[0018] Das Computerprogramm kann auch als separates Softwareprodukt vertrieben werden, das ein Hersteller von Steuergeräten zusammen mit weiteren Softwareprodukten anderer (dritter Hersteller) in das Steuergerät überträgt. In diesem Fall stellt das erfindungsgemäße Softwareprodukt ein zu anderen Modulen fremder Hersteller kompatibles Modul dar.

[0019] In allen diesen Fällen wird die Erfindung durch das Computerprogramm realisiert, so dass dieses Computerprogramm in gleicher Weise die Erfindung darstellt, wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Computerprogramm geeignet ist. Dies gilt dabei unabhängig davon, ob das Computerprogramm auf einem Speichermedium abgespeichert ist, oder, ob es als solches – also unabhängig von einem Speichermedium – vorhanden ist.

[0020] Die Aufgabe wird weiterhin gelöst, durch ein Steuer-

gerät zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs und wobei das Steuergerät zur Ansteuerung der Komponenten wenigstens eine Vorsteuerung aufweist.

[0021] Die Aufgabe wird weiterhin gelöst, durch ein Kühlsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit ansteuerbaren, elektrisch betätigbaren Komponenten, wobei die Komponenten von einem Steuergerät angesteuert werden und wobei das Steuergerät zur Ansteuerung der Komponenten wenigstens eine Vorsteuerung aufweist.

[0022] Schließlich wird die Aufgabe durch eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs gelöst, bei der elektrisch betätigbare Komponenten eines Kühlsystems für die Brennkraftmaschine ansteuerbar sind, wobei die Komponenten von einem Steuergerät angesteuert werden und wobei das Steuergerät zur Ansteuerung der Komponenten wenigstens eine Vorsteuerung aufweist.

[0023] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren dargestellt sind.

Ausführungsbeispiele der Erfindung

[0024] Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0025] Fig. 2 zeigt ein zweites, konkreteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens und

[0026] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kühlsystems.

[0027] Zu einem Kühlkreislauf gehören in der Regel eine zu kühlende Wärmequelle, z. B. der Fahrzeugmotor, die mittels eines Kühlmediums durch freie oder erzwungene Konvektion gekühlt werden. Die Temperaturdifferenz über der Wärmequelle ist vom Wärmeeintrag und von der Größe des Volumenstroms des Kühlmittels abhängig, während die absolute Temperatur des Kühlmediums durch den Wärmeeintrag der Wärmequelle, die Wärmeabfuhr über im Kreislauf befindliche Kühler und die Wärmekapazitäten der Materialien bestimmt wird.

[0028] Derzeit in Motorkühlsystemen von Kraftfahrzeugen eingesetzte mechanische Wasserpumpen, die über Keilriemen von der Kurbelwelle des Motors angetrieben werden, sind so dimensioniert, dass im kritischsten Betriebszustand, das heißt, bei Bergauffahrt mit mittlerer Drehzahl, hoher Last und geringer Fahrzeuggeschwindigkeit, keine unzulässige Temperaturdifferenz über dem Motor entsteht. Das Mischverhältnis zwischen einer Bypass-Leitung und dem Kühlerzweig wird durch ein dehnstoffgetriebenes Thermostatventil in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur eingestellt. Dieses Ventil ist so dimensioniert, dass es ab einer festgestellten Temperatur vollständig geöffnet ist. Auf diese Weise wird verhindert, dass sich unzulässig hohe Kühlmitteltemperaturen einstellen.

[0029] Um den Volumenstrom von der Drehzahl zu entkoppeln, wird erfindungsgemäß eine regelbare Kühlmittelpumpe eingesetzt. Um das Temperaturniveau regeln zu können, wird das Thermostat durch ein verstellbares Proportionalventil ersetzt. Weiterhin sind erfindungsgemäß stufenlos regelbare Kühlerlüfter und/oder Kühlerjalousien für das System vorgesehen. Das erfindungsgemäße Kühlsystem ermöglicht eine bedarfsgerechte Ansteuerung beziehungsweise Regelung des Motorkühlsystems mit dem Ziel, den Kraftstoffverbrauch zu verringern und die Emissionen zu verringern beziehungsweise Abgasgrenzwerte einzuhalten und zudem den Komfort zu erhöhen. Hierbei werden kriti-

sche Grenzen der Bauteilbelastung nicht überschritten. Dies wird durch die Optimierung des Kühlmittelvolumenstroms und die lastabhängige Regelung des Temperaturniveaus des Motors erreicht. So wird die Kühlmitteltemperatur z. B. im Teillastbetrieb angehoben und im Vollastbetrieb abgesenkt. Durch den damit verbundenen höheren Füllungsgrad wird auch die Motorleistung angehoben.

[0030] Die Erfindung stellt eine in die Motorsteuerung integrierte Logik dar, die die Verteilung der Wärmeströme intelligent und prioritätsabhängig mittels einer Vorsteuerung und einer überlagerten Regelung durchführt. Dies wird im Rahmen der Beschreibung zu den Fig. 1 bis 3 eingehender erläutert.

[0031] Durch die Erfindung werden optimale Betriebsbedingungen für den Verbrennungsmotor erzielt, indem eine spezifische Motortemperatur (Temperatur des Kühlmittels am Motoreintritt bzw. -austritt, die Temperatur hochbelasteter motorinterner Bauteile wie Zylinderkopftemperatur zwischen den Auslaßventilen, Temperatur im Zylindersteg, usw.), der Kühlmittelvolumenstrom und dessen Aufteilung auf verschiedene parallele Zweige und der Luftmassenstrom durch den Kühler exakt den jeweiligen Betriebsbedingungen angepaßt werden.

[0032] Die Fig. 1 und 2 zeigen Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei Fig. 1 ein allgemeines und Fig. 2 ein spezielles Ausführungsbeispiel darstellt.

[0033] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nach Fig. 1 wird in einem Schritt 101 mit der Ist- beziehungsweise Meßwerterfassung begonnen. Hierbei werden Werte wie beispielsweise Motordrehzahl, Motorlast, Kühlkreislaufzustand, Geschwindigkeit des Fahrzeugs, Fahrertyp, Fahrzeugzustand, Temperatur am Kühlerausgang, Temperatur am Motoreingang, Temperatur am Motorausgang oder Temperatur des Motors selbst bestimmt.

[0034] Unter dem Fahrzeugzustand sind verschiedene Fahrzeugzustandsgrößen (z. B. Fahrzeuggeschwindigkeit, Beschleunigung, Last, Steigung, usw.) zu verstehen. Es liegt im Rahmen der Erfindung, die Ausführungsbeispiele so zu modifizieren, dass auch zukünftige, erwartete Größen berücksichtigt werden. Beispielsweise könnte mittels eines Navigationssystems eine bevorstehende Bergauf- oder Bergabfahrt berücksichtigt werden. Steht z. B. eine Bergabfahrt unmittelbar bevor, braucht das System nicht so weit heruntergekühlt werden und es könnte auf ein energieintensives Hochfahren von Kühlmittelpumpe und Kühlerlüfter verzichtet werden, da eine kurzzeitige Herabsetzung der Kühlmitteltemperatur allein durch den Eingriff in das Kühler-Misch-Ventil realisiert werden kann.

[0035] Im Anschluß an den Schritt 101 werden im Schritt 102 Soll-Werte gebildet. Dies können beispielsweise Soll-Werte für die Motortemperatur, für die Motordifferenztemperatur oder die sogenannte Kühlreserve sein, die die Differenztemperatur aus Sollwert der Motoreintrittstemperatur und Kühlerausgangssolltemperatur darstellt. Diese Soll-Werte werden entsprechend der zuvor bestimmten Ist-Werte aus den im Speicher des Steuergerätes abgelegten Kennfeldern entnommen. Im Anschluß an die Sollwert-Bildung wird im Schritt 103 die Soll-Ist-Abweichung der zuvor bestimmten Soll-Werte bestimmt. Diese Soll-Ist-Abweichungen entsprechend Schritt 103 werden als Regler-Eingangsgrößen für die Bestimmung der Reglerwerte in Schritt 104 verwendet. Die Reglerwerte werden gegebenenfalls unter Berücksichtigung weiterer Parameter, beispielsweise dem Kühlmittelvolumenstrom, bestimmt. Als Regler werden bevorzugt PI-Regler (Proportionalintegral-Regler) oder PID-Regler eingesetzt. Die im Schritt 104 bestimmten Reglerwerte werden in einem anschließenden Schritt 105 mit einer Priorisierung verknüpft. Auf die Bestimmung der Priorisie-

rung, die in den Schritten 111 und 112 erfolgt, wird später eingegangen.

[0036] Parallel zu den Schritten 102 bis 105 wird in einem an Schritt 101 anschließenden Schritt 106 ein Vorsteuerwert für die jeweilige Komponente bestimmt. Dies kann beispielsweise ein Vorsteuerwert für ein Kühler-Misch-Ventil, eine Kühlmittelpumpe, einen Kühlerlüfter oder eine Kühlerjalousie sein. Die Vorsteuerwerte werden analog zu den Soll-Werten entsprechend bestimmter Eingangsparameter aus den im Speicher des Steuergerätes abgelegten Kennfeldern entnommen.

[0037] Die Vorsteuerwerte nach Schritt 106 werden in einem Schritt 107 mit den priorisierten Reglerwerten verknüpft. Das heißt also, dass der Schritt 107 neben den Vorsteuerwerten nach Schritt 106 auch die priorisierten Reglerwerte nach Schritt 105 zugeführt bekommt. Die Verknüpfung der Vorsteuerwerte mit priorisierten Reglerwerten nach Schritt 107 kann additiv oder auch multiplikativ sein. Im Anschluß an Schritt 107 erfolgt im Schritt 108 eine Filterung der zuvor bestimmten Ansteuersignale. Im an Schritt 108 anschließenden Schritt 109 ergibt sich schließlich das jeweilige Ansteuersignal für die verschiedenen elektrisch betätigbaren Komponenten, beispielsweise das Kühler-Misch-Ventil, die Kühlmittelpumpe, den Kühlerlüfter oder die Kühlerjalousie. Im Schritt 110, der sich an den Schritt 109 anschließt, werden schließlich die Komponenten entsprechend des bestimmten Ansteuersignals vom Motorsteuergerät direkt oder indirekt (über Endstufen) angesteuert.

[0038] Das Ansteuersignal nach Schritt 109 wird weiterhin einem Schritt 111 zugeführt, dem ebenfalls die in Schritt 101 bestimmten Ist- beziehungsweise Meßwerte zugeführt werden. Auf Grundlage der aus Schritt 101 zugeführten Ist- beziehungsweise Meßwerte und der aus Schritt 109 übermittelten Ansteuersignale wird in Schritt 111 mittels eines Beobachters die jeweilige Stellenergie der jeweiligen elektrisch betätigbaren Komponente bestimmt. Im Anschluß an den Schritt 111 wird in einem Schritt 112 auf Grundlage der zuvor bestimmten Stellenergie der jeweiligen elektrisch betätigbaren Komponente und weiterer Längangsgrößen, wie beispielsweise dem Fahrzeugzustand, eine Priorisierung entsprechend der notwendigen Stellenergie der verschiedenen elektrischen Komponenten vorgenommen. Hierbei wird ein besonderer Augenmerk auf die Wasserpumpe und den Lüfter gerichtet, da diese elektrisch betätigbaren Komponenten diejenigen mit dem größten Energiebedarf darstellen. Der Ausgangswert der Priorisierung nach Schritt 112 fließt in den Schritt 105 ein, der bereits zuvor beschrieben wurde.

[0039] Fig. 2 zeigt ein praktisches Beispiel beziehungsweise eine praktische Ausgestaltung des in Fig. 1 eher allgemein beschriebenen Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs. Im oberen Bereich der Fig. 2 sind auf einer Linie die verschiedenen zur Fig. 1 korrespondierenden Bereiche des Verfahrens aufgezeichnet. Der erste Bereich der "Istwerte" entspricht dem Verfahrensschritt 101 nach Fig. 1. Der zweite Bereich "Vorsteuerung" entspricht dem Verfahrensschritt 106 nach Fig. 1. Der Bereich "Sollwerte" entspricht dem Verfahrensschritt 102 nach Fig. 1. Der Bereich "Regler" entspricht den Verfahrensschritten 103 und 104 nach Fig. 1. Der sich anschließende Bereich "Priorisierung" entspricht den Verfahrensschritten 112, 105 und 107 nach Fig. 1. Der Bereich "Filterung" entspricht dem Verfahrensschritt 108 und der letzte Bereich "Ansteuerung" entspricht den Verfahrensschritten 109 und 110 nach Fig. 1. Der Verfahrensschritt 111 nach Fig. 1 entspricht dem Verfahrensschritt 233 nach Fig. 2, auf den spä-

ter ausführlicher eingegangen wird.

[0040] In Fig. 2 beginnt das Verfahren mit der Istbeziehungsweise Meßwerterfassung. Dabei werden, wie in Fig. 2 am linken Rand der Figur dargestellt, die Werte Motordrehzahl, Motorlast, Kühlkreislaufzustand, Motorausgangstemperatur T_{MA} , die Geschwindigkeit des Fahrzeugs V_{Fahrzeug} und der Fahrertyp erfaßt. Der Wert Fahrertyp, hier wird beispielsweise zwischen einem sportlichen und einem eher konservativem Fahrer unterschieden, kann in der Regel aus einer Getriebesteuerung übernommen werden, wo dieses Signal vorliegt.

[0041] Aus den Eingangsgrößen Motordrehzahl und Motorlast wird in einem Schritt 201 die Soll-Motortemperatur $T_{\text{mot,soll}}$ bestimmt. Die Motor-Solltemperatur wird hierbei aus einem im Speicher des Steuergeräts des Kraftfahrzeugs abgelegten Kennfeld entnommen. Der in Schritt 201 ermittelte Soll-Wert für die Motortemperatur $T_{\text{mot,soll}}$ wird zu einem Verknüpfungspunkt 202 geleitet, an dem die Soll-Ist-Abweichung bestimmt wird. Hierzu wird im Schritt 202 bzw. am Verknüpfungspunkt 202 von der zuvor bestimmten Motor-Solltemperatur $T_{\text{mot,soll}}$ die aktuelle gemessene (oder anderweitig berechnete, beziehungsweise ermittelte) Motortemperatur T_{mot} subtrahiert. Das Ergebnis dieser Soll-Ist-Abweichungsbestimmung in Schritt 202 wird einem Regler 203 zugeführt. Bei dem Regler kann es sich beispielsweise um ein Proportionalintegral-Regler (PI), einen PID-Regler oder einen Fuzzy-Regler handeln. Dem Regler wird als weitere Eingangsgröße ein Signal zugeführt, das eine Aussage über den Kühlmittelvolumenstrom macht. Dieses Signal wird in einem Schritt 203 bestimmt, auf das im weiteren eingegangen wird. Nach der Bestimmung des Reglerwertes in Schritt 203 wird das Ergebnis der Priorisierung in Schritt 204 zugeführt. Hier wird der Reglerwert nach Schritt 203 mit einer Priorisierung verknüpft. Die Priorisierung der einzelnen elektrisch betätigbaren Komponenten wurde zuvor in Schritt 234 durchgeführt, auf den ebenfalls später eingegangen wird. Die Verknüpfung erfolgt beispielsweise multiplikativ, wodurch der zuvor bestimmte Reglerwert im Extremfall bis auf Null absinken kann. Parallel zu den Verfahrensschritten 201, 202, 203 und 204 wird in einem Schritt 205 aus den Eingangsgrößen Motorlast, Motordrehzahl und Kühlkreislaufzustand ein Vorsteuerwert für ein Kühler-Misch-Ventil X_{Ventil} (siehe Bezugszeichen 302 in Fig. 3) bestimmt. Das Ergebnis des Schrittes 205, der bestimmte Vorsteuerwert für das Kühler-Misch-Ventil X_{Ventil} wird einem Verknüpfungspunkt 206 zugeführt, dem ebenfalls der priorisierte Reglerwert nach Schritt 204 zugeführt wird. In Punkt 206 beziehungsweise Schritt 206 wird nun die Verknüpfung, beispielsweise durch Addition, des Vorsteuer- und des priorisierten Reglerwertes für das Kühler-Misch-Ventil vorgenommen. Das Ergebnis dieses Schrittes 206 wird einer Filterung im Schritt 207 zugeführt. Die Filterung kann hierbei beispielsweise dadurch erfolgen, dass die zeitliche Änderung des Ansteuerwertes für das Kühler-Misch-Ventil durch eine obere Schranke begrenzt ist. Hierdurch wird vermieden, dass auf ruckartige Laständerungen zu schnell reagiert wird. Als Ergebnis der Filterung nach Schritt 207 ergibt sich das Ansteuersignal für das Kühler-Misch-Ventil 208, beziehungsweise in Schritt 208 wird das Kühler-Misch-Ventil mit dem zuvor bestimmten Ansteuersignal angesteuert. Somit stellen die Schritte 201 bis 208 die Ermittlung des Ansteuersignals für das Kühler-Misch-Ventil dar.

[0042] Im weiteren wird in den Schritten 209 bis 219 die Ermittlung des Ansteuersignals für die elektrisch betätigbare Kühlmittelpumpe (Bezugszeichen 307 in Fig. 3) beschrieben. In einem Schritt 209 wird zunächst aus einem Kennfeld, das im Speicher des Steuergeräts abgelegt ist, aus

den Eingangsgrößen Motorlast und Temperatur am Motorausgang T_{MA} ein Soll-Wert für die Motordifferenztemperatur $\Delta T_{\text{mot,soll}}$ bestimmt. Dieser bestimmte Motordifferenz-Sollwert $\Delta T_{\text{mot,soll}}$ wird einem Verknüpfungspunkt 210 zugeführt. An diesem Verknüpfungspunkt 210 wird die Soll-Ist-Abweichung der Motordifferenztemperatur $\Delta T_{\text{mot,soll}}$ bestimmt, in dem von dem aus Schritt 209 zugeführten Motordifferenz-Temperatur-Sollwert $\Delta T_{\text{mot,soll}}$ die reale, gemessene Motordifferenztemperatur (Temperatur am Motorausgang minus Temperatur am Motoreingang, $T_{MA} - T_{ME}$) subtrahiert wird. Das Ergebnis aus Schritt 210 wird in Schritt 211 einem Regler zugeführt, der beispielsweise als PI-Regler ausgeführt sein kann. Der Reglerwert nach Schritt 211 wird einem Verknüpfungspunkt 212 zugeführt, wo der Reglerwert nach Schritt 211 mit einer Priorisierung verknüpft wird. Diese Priorisierung wird in einem Schritt 213 bestimmt und basiert auf dem Reglerwert nach Schritt 203 und der Priorisierung nach Schritt 234. Die Verknüpfung in Schritt 212 erfolgt in der Regel multiplikativ. Das Ergebnis der Verknüpfung des Reglerwertes nach Schritt 211 mit der Priorisierung nach Schritt 213 wird einem weiteren Verknüpfungspunkt 214 zugeführt. Die weitere Eingangsgröße des Verknüpfungspunktes 214 ist der Vorsteuerwert der Steuergröße (z. B. Umdrehungszahl) der Kühlmittelpumpe U_{Pumpe} , der von einem Schritt 215 geliefert wird. In diesem Schritt 215 wird anhand der Eingangsgrößen Motorlast und Temperatur am Motorausgang T_{MA} aus einem im Speicher des Motorsteuergeräts abgelegten Kennfelds der Vorsteuerwert für die Kühlmittelpumpe U_{Pumpe} entnommen. Das Ergebnis der Verknüpfung im Verknüpfungspunkt 214 beziehungsweise im Schritt 214 wird einer Maximalwertauswahl 216 zugeführt. Hierbei wird der Maximalwertauswahl 216 neben dem Eingangssignal vom Verknüpfungspunkt 214 ein weiteres Eingangssignal zugeführt. Dieses weitere Eingangssignal zur Maximalwertauswahl 216 ist der im Schritt 217 aus den Eingangssignalen Motorlast und Temperatur am Motorausgang T_{MA} aus einem Kennfeld im Speicher des Motorsteuergeräts entnommene Mindestvolumenstrom, der einen gewissen Mindestvolumenstrom des Kühlmittels sicherstellt. Durch diese Maximalwertauswahl im Schritt 216 wird sichergestellt, dass aus Sicherheitsgründen ein gewisser Mindestvolumenstrom entsprechend der jeweiligen Betriebssituation gewährleistet wird. Das Ergebnis der Maximalwertauswahl nach Schritt 216 wird im Schritt 218 einem Filter zugeführt. Als Ergebnis des Filters in Schritt 218, der äquivalent zum Schritt 207 abläuft, steht im Schritt 219 das Ansteuersignal für die Kühlmittelpumpe zur Verfügung. Durch die Realisierung eines Mindestvolumenstromes 217 in Verbindung mit der Maximalwertauswahl 216 kann der Reglereingriff 211 das Ansteuersignal der Pumpe 219 praktisch nur erhöhen. Durch die Vorsteuerung 215 wird die Regelgüte des Reglers 211 für die Motordifferenztemperatur verbessert.

[0043] In den nun folgenden Schritten 220 bis 227 wird das Ansteuersignal für den Kühlerlüfter (Bezugszeichen 317 in Fig. 3) generiert. In einem Schritt 220 wird anhand der Eingangsgrößen Motorlast und Fahrzeuggeschwindigkeit V_{Fahrzeug} aus einem im Speicher des Motorsteuergeräts abgelegten Kennfeld ein Vorsteuerwert für die Ansteuerung des Lüfters $U_{\text{Lüfter}}$ (beispielsweise Umdrehungszahl oder Ansteuerspannung) ermittelt. Dieser Vorsteuerwert für die Ansteuerung des Lüfters nach Schritt 220 wird einem Verknüpfungspunkt 221 zugeführt, dem zusätzlich ein priorisierter Reglerwert nach Schritt 222 zugeführt wird. Der Priorisierungseinheit 222 werden als Eingangsgrößen der Reglerausgang nach Schritt 203, das Ausgangssignal der Priorisierung nach Schritt 234 sowie der Ausgang einer

Reglereinheit 227 zugeführt, auf die im weiteren noch eingegangen wird. Anhand dieser Eingangsgrößen wird im Schritt 222 ein priorisierter Reglerwert erzeugt, der gemeinsam mit dem Vorsteuerwert für die Ansteuerung des Lüfters nach Schritt 220 den Verknüpfungspunkt 221 zugeführt wird. Der Ausgang des Verknüpfungspunktes 221 wird einem Filter 223 zugeführt, der analog zu den Filtern nach Schritt 207 und 218 funktioniert. Das Ausgangssignal des Filters 223 ist das Ansteuersignal 224 für den Motorlüfter des Kühlsystems.

[0044] Dem Priorisierungsschritt 222 wurde, wie vorstehend beschrieben, auch das Ausgangssignal eines Reglers 227 zugeführt, das nun im Folgenden erläutert wird:

Ausgehend von den Eingangsgrößen Motorlast, Kühlkreislaufzustand und Fahrertyp wird in einem Schritt 225 aus einem im Speicher des Motorsteuergerätes abgelegten Kennfeld ein Soll-Wert für die Temperaturdifferenz über dem Kühler $\Delta T_{\text{Kühler,soll}}$ bestimmt (Temperaturdifferenz über dem Kühler $\Delta T_{\text{Kühler,soll}} = \text{Motorausgangstemperatur } T_{\text{MA}} - \text{Temperatur am Kühlerausgang } T_{\text{KA}}$). Der nach Schritt 225 ermittelte Soll-Wert für die Kühlerdifferenztemperatur $\Delta T_{\text{Kühler,soll}}$ wird einem Verknüpfungspunkt 226 zugeführt, an dem vom Kühlerdifferenztemperatur-Sollwert $\Delta T_{\text{Kühler,soll}}$ die sogenannte Kühlreserve subtrahiert wird. Unter der Kühlreserve ist allgemein die Differenz zwischen Motortemperatur T_{mot} und Temperatur am Kühlerausgang T_{KA} zu verstehen (im speziellen z. B. $T_{\text{MA,soll}} - T_{\text{KA,soll}}$, soll oder $T_{\text{ME,soll}} - T_{\text{KA,soll}}$). Das Ergebnis dieses Verknüpfungspunktes 226 wird im Schritt 227 dem bereits genannten Regler zugeführt. Als weitere Eingangsgröße wird dem Regler im Schritt 227 ein den Kühlmittelvolumenstrom repräsentierendes Signal vom Schritt 233 zugeführt. Der Regler nach Schritt 227 kann beispielsweise als PI-Regler ausgeführt sein.

[0045] Die Schritte 228 bis 232 repräsentieren die Ansteuersignalbestimmung für eine Kühlerjalousie (Bezugszeichen 316 in Fig. 3). Hierbei wird der Ausgang des Reglers nach Schritt 227 einer Priorisierung 228 zugeführt. Als weitere Eingangsgröße wird der Priorisierung in Schritt 228 das Ausgangssignal der Priorisierung 234 zugeführt, auf die später ausführliche eingegangen wird. Das Ausgangssignal der Priorisierung nach Schritt 228, also der priorisierte Reglerwert nach Schritt 227, wird einem Verknüpfungspunkt 230 zugeführt. Als weiteres Eingangssignal des Verknüpfungspunktes 230 wird in einem Schritt 229 aus den Eingangssignalen Motorlast und Fahrzeuggeschwindigkeit V_{Fahrzeug} ein Vorsteuerwert für die Ansteuerung der Kühlerjalousie X_{Jalousie} aus einem Kernfeld ermittelt. Die Verknüpfung nach Schritt 230 kann hierbei additiv erfolgen. Das Ausgangssignal der Verknüpfung nach Schritt 230 wird im Schritt 231 einem zu den Schritten 207, 218 und 223 analogen Filter im Schritt 231 zugeführt. Das Ausgangssignal des Filters nach Schritt 231 stellt schließlich das Ansteuersignal 232 für die Kühlerjalousie dar.

[0046] Im Folgenden werden die Schritte 233 und 234 erläutert, auf die vorstehend bereits Bezug genommen wurde. Der Schritt 233 stellt einen Beobachter dar, dem neben der Motorlast als Eingangssignal die Ansteuersignale für das Kühler-Misch-Ventil 208, für die Kühlmittelpumpe 219, für den Kühlerlüfter 224 und für die Jalousie 232 zugeführt werden. Anhand der zugeführten Daten bestimmt der Beobachter den aktuell vorherrschenden Kühlmittelvolumenstrom und stellt diesen als Ausgangssignal zur Verfügung. Dieses Ausgangssignal wird, wie bereits vorstehend beschrieben, den Reglern 203 und 227 zugeführt. Als weitere Eingangsgröße des Beobachters nach Schritt 233 wird die für die jeweiligen Komponenten erforderliche Stellenergie ausgegeben und an die Priorisierung im Schritt 234 überge-

ben. Als weitere Eingangsgröße wird der Priorisierung im Schritt 234 der Fahrzeugzustand zugeführt. In Kenntnis des Fahrzeugzustandes und der jeweiligen Stellenergie wird im Schritt 234 ein für die jeweiligen elektrisch betätigbaren Komponenten ein individuelles Prioritätssignal erzeugt und an die jeweiligen Priorisierungen in Schritt 204, Schritt 213, Schritt 222 und 228 übermittelt.

[0047] Somit ist ein vollständiges Konzept aus Vorsteuerung, priorisierten Reglerwerten und Filtern zur optimalen Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten in einem Kühlsystem für ein Kraftfahrzeug beschrieben worden.

[0048] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Hierbei ist als zentrale Einheit ein Block 300 gezeigt, die den Motorblock einer Brennkraftmaschine symbolisieren soll. Ein Kühlmedium, das zur Kühlung des Motorblocks 300 dient, fließt über eine Leitung 301 aus dem Motorblock 300 heraus. Dieses Kühlmedium in der Leitung 301 wird über ein Kühler-Misch-Ventil 302 in eine Leitung 303 geleitet. Das Kühlmedium fließt weiter, ausgehend von der Leitung 303, in einen Kühler 304. Nach dem Kühler 304 fließt das Kühlmedium durch eine Leitung 305 weiter in Richtung Kühlmittelpumpe 307. Die Kühlmittelpumpe 307 pumpt das Kühlmedium über eine Leitung 308 zurück in den Motorblock 300. Ein Teil des Kühlmediums aus Leitung 301 wird vom Kühler-Misch-Ventil 302 über eine Leitung 306, die sogenannte Bypass-Leitung, am Kühler 304 vorbei direkt in die Leitung 305 geleitet.

[0049] Ein Teil des Kühlmediums, das über die Leitung 308 in den Motorblock 300 hineinfließt, verläßt den Motorblock 300 nicht über die Leitung 301, sondern über eine Leitung 309, die zum Heizungswärmetauscher 310 führt, der für die Heizung des Fahrgastinnenraumes sorgt. Vom Heizungswärmetauscher 310 fließt das Kühlmedium über eine weitere Leitung 311 zurück in die Leitung 305 und mündet dort unmittelbar vor der Kühlmittelpumpe 307 ein.

[0050] Im Kühlsystem sind folgende Temperatursensoren angeordnet: Ein Temperatursensor 312 erfaßt die Motortemperatur T_{mot} , ein Temperatursensor 313 erfaßt die Motorausgangstemperatur T_{MA} , ein Temperatursensor 314 erfaßt die Kühlerausgangstemperatur T_{KA} und ein Temperatursensor 315 erfaßt die Motoreingangstemperatur T_{ME} . T_{mot} könnte z. B. eine motorinterne Kühlmittel- oder Bauteiltemperatur oder auch die Motorausstrittstemperatur sein.

[0051] Weitere wichtige Komponenten des Kühlsystems sind eine elektrisch betätigbare Kühlerjalousie 316 sowie ein Kühlerlüfter 317. Die Kühlerjalousie 316 dient dazu, den Kühler 304 in bestimmten Betriebssituationen vor dem kühlenden Fahrtwind abzuschotten, wohingegen der Kühlerlüfter 317 zu einer verstärkten Kühlung des Kühlmediums im Kühler 304 führt.

[0052] Weiterhin dargestellt ist ein Steuergerät 318, das in der Regel das Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine ist und neben der Steuerung des Kühlsystems weitere Aufgaben, wie beispielsweise die Steuerung der motorischen Verbrennung übernimmt. Dem Steuergerät 318 werden über die Signalleitungen 321, 323, 324 und 326 die Signale der Temperatursensoren 312, 313, 314 und 315 zugeführt. Gleichzeitig werden von dem Steuergerät 318 Ausgangssignale zur Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten 302, 304, 316 und 317 ausgegeben. Dies sind im Einzelnen das Ansteuersignal zur Ansteuerung des Kühler-Misch-Ventils 302 über die Signalleitung 319, die Signalleitung 320 zur Ansteuerung der Kühlerjalousie 316, die Signalleitung 322 zur Ansteuerung des Kühlerlüfters 317 sowie die Signalleitung 325 zur Ansteuerung der Kühlmittelpumpe 307.

[0053] In dem Motorsteuergerät 318 ist ein in Fig. 3 nicht gezeigtes Speicherelement vorhanden, in dem die in Fig. 2

gezeigten Kennfelder abgelegt sind. Die weiteren in Fig. 2 gezeigten Funktionen wie Vorsteuerung, Regler, Priorisierung, Beobachter, Maximalwertauswahl und Filter sind allesamt funktional in das Steuergerät 318 integriert. Hierbei ist es nicht erfindungswesentlich, ob die Funktionen in dem Steuergerät als Hardware, also über Schaltkreise, oder über eine Software integriert sind. Eine in das Steuergerät 318 integrierte Software, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten des Kühlsystems geeignet ist, erfüllt somit in gleicher Weise die Erfindung, wie ein fest verdrahtetes Schaltungsmodell.

[0054] Durch das erfindungsgemäße Verfahren beziehungsweise das erfindungsgemäße Kühlsystem wird zu jedem Zeitpunkt die gewünschte Solltemperatur des Kühlmediums bzw. einer motorinternen Temperatur eingeregelt, wobei diese Einregelung mit minimalem Stellenergieaufwand realisiert wird. In den im Steuergerät 318 abgelegten Kennfeldern sind Sollgrößen entsprechend der Kühlkreislaufzustände für den gesamtenergieoptimalen Zustand des Fahrzeugs vorgegeben. Die Vorsteuerkennfelder der Reglerstruktur sind so bedatet, dass sich für jeden Betriebspunkt eine Konfiguration der Stellorgane ergibt, die möglichst nahe am energetischen Optimum liegt und mit der die Sollgrößen möglichst erreicht werden. Eventuell notwendige Korrekturen werden durch Reglereingriffe vorgenommen. Die Priorisierung entscheidet, ob und gegebenenfalls in welchem Maße der Reglereingriff mit dem Signal der Vorsteuerung addiert als Steuersignal an das Stellglied ausgegeben wird oder ob stattdessen ein anderes Stellglied angesteuert wird oder ob die momentane Regelabweichung nicht verkleinert werden soll. Die Priorisierung kann also auch entscheiden, ob eine Realisierung des gewünschten Kühlkreislaufzustandes vom momentanen Kühlkreislaufzustand aus energetisch sinnvoll ist. Abweichungen von den Sollvorgaben sind jedoch nur zu unkritischeren Betriebsbedingungen hin zulässig.

[0055] In der Priorisierung werden gewisse Regeln und Informationen berücksichtigt, wie z. B.:

- Der Kühlerlüfter darf erst angesteuert werden, wenn das Kühler-Misch-Ventil mehr als 80% zum Kühler geöffnet ist.
- Die Kühlerjalousie darf nicht über eine Öffnung von beispielsweise x% geöffnet werden, solange das Kühler-Misch-Ventil unter beispielsweise y% zum Kühler geöffnet ist.
- Der Energieaufwand für eine Erhöhung der Kühlleistung durch entsprechende Veränderung der Stellung der elektrisch betätigbaren Komponenten in Abhängigkeit vom Kühlkreislaufzustand und Betriebszustand des Kraftfahrzeugs.
- Evtl. darf zur Verbesserung des Fahrkomforts der Kühlerlüfter wegen seiner hohen Geräuschentwicklung nur in bestimmten Motordrehzahlbereichen eingeschaltet werden.
- Die Priorisierung der Stellsignale der Komponenten Kühlerlüfter und Kühlmittelpumpe werden, relativ zu den anderen elektrisch betätigbaren Komponenten, höhere Prioritäten eingeräumt, da diese einen besonders hohen Stellenergiebedarf aufweisen. Mit anderen Worten: Es werden zuerst das Kühler-Misch-Ventil und die Kühlerjalousie geöffnet.
- Es wird der Einfluß der Kühlerjalousie auf den c.w.-Wert des Kraftfahrzeugs und der damit verbundene Einfluß auf die maximale Fahrgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bzw. den Verbrauch berücksichtigt.

[0056] Durch die Priorisierung wird die Ansteuerung des Kühlsystems an das energetische Optimum angenähert. Das Kühlsystem wird dabei – soweit möglich – mit einem Mindestkühlmittelvolumenstrom, ausgeschaltetem Kühlerlüfter und möglichst weit geschlossener Kühlerjalousie betrieben. Die abzuführende Kühlleistung wird dabei vorzugsweise durch das Kühlerventil bzw. das Kühler-Misch-Ventil geregelt. Erst wenn die erforderliche Kühlleistung mit diesen Vorgaben nicht mehr realisierbar ist, wird eine stellenergieoptimale Kombination aus Stellung der Kühlerjalousie, Kühlmittelpumpe und Kühlerlüfter angesteuert.

[0057] Durch die Erfindung wird sichergestellt, dass die Bauteilbelastung und die Ausbildung von sogenannten Hot-Spots nicht über das zulässige Maß hinausgehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei die Komponenten von einem Steuergerät angesteuert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ansteuerung mittels einer Vorsteuerung erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Vorsteuerung Regler überlagert sind.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Überlagerung mittels einer Priorisierung der Reglerwerte erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vorsteuerung jeder einzelnen Komponente ein betriebspunktabhängiges Kennfeld für die jeweilige Komponente vorgesehen ist.
5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass für jede Komponente eine separate Vorsteuerung und ein separater Regler vorgesehen ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung betriebspunktabhängige Sollgrößen für wenigstens eine der folgenden Größen aus betriebspunktabhängigen Kennfeldern bestimmt: Motortemperatur, Kühlreservendifferenztemperatur oder Motordifferenztemperatur.
7. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass Reglerverstärkungen wenigstens von einem Kühlmittelvolumenstrom und/oder einer Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder einer Außentemperatur abhängig sind.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Reglerverstärkungen von einem Beobachter ermittelt werden.
9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Sollwert für die Kühlreservendifferenztemperatur aus einem Kennfeld entnommen wird, das wenigstens vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine, insbesondere einer Motorlast, und/oder vom Fahrertyp und/oder von einer Fahrsituation und/oder von einem Kühlkreislaufzustand abhängig ist.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung derart erfolgt, dass ein betriebspunktabhängiger Mindestvolumenstrom eines Kühlmittels sichergestellt ist.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kühlerlüfter und eine Kühlerjalousie von der Ansteuerung her als eine gemeinsame Komponente angesteuert werden.
12. Computerprogramm für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, mit einer Abfolge von Befehlen, die dazu geeignet sind, das Verfahren nach einem der

Ansprüche 1 bis 11 durchzuführen, wenn sie auf einem Computer, insbesondere einem Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, ausgeführt werden.

13. Computerprogramm nach Anspruch 12, wobei die Abfolge von Befehlen auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist. 5

14. Steuergerät zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät zur Ansteuerung 10 der Komponenten wenigstens eine Vorsteuerung aufweist.

15. Kühlsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit ansteuerbaren, elektrisch betätigbaren Komponenten, wobei die Komponenten von einem Steuergerät angesteuert werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät zur Ansteuerung der Komponenten wenigstens eine Vorsteuerung aufweist. 15

16. Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, bei der elektrisch betätigbare Komponenten eines Kühlsystems für die Brennkraftmaschine ansteuerbar sind, wobei die Komponenten von einem Steuergerät angesteuert werden, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät zur Ansteuerung der Komponenten wenigstens 20 eine Vorsteuerung aufweist. 25

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

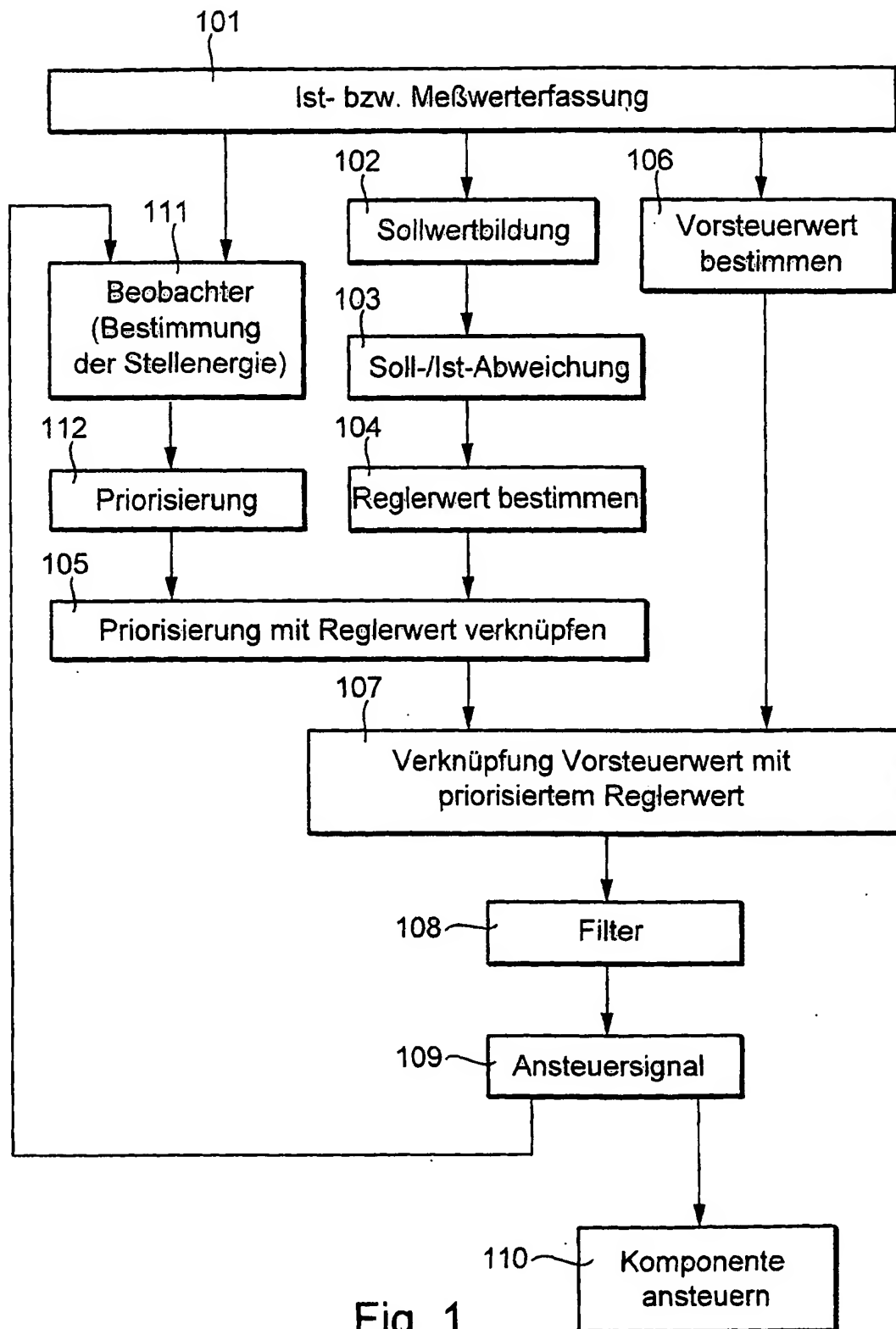
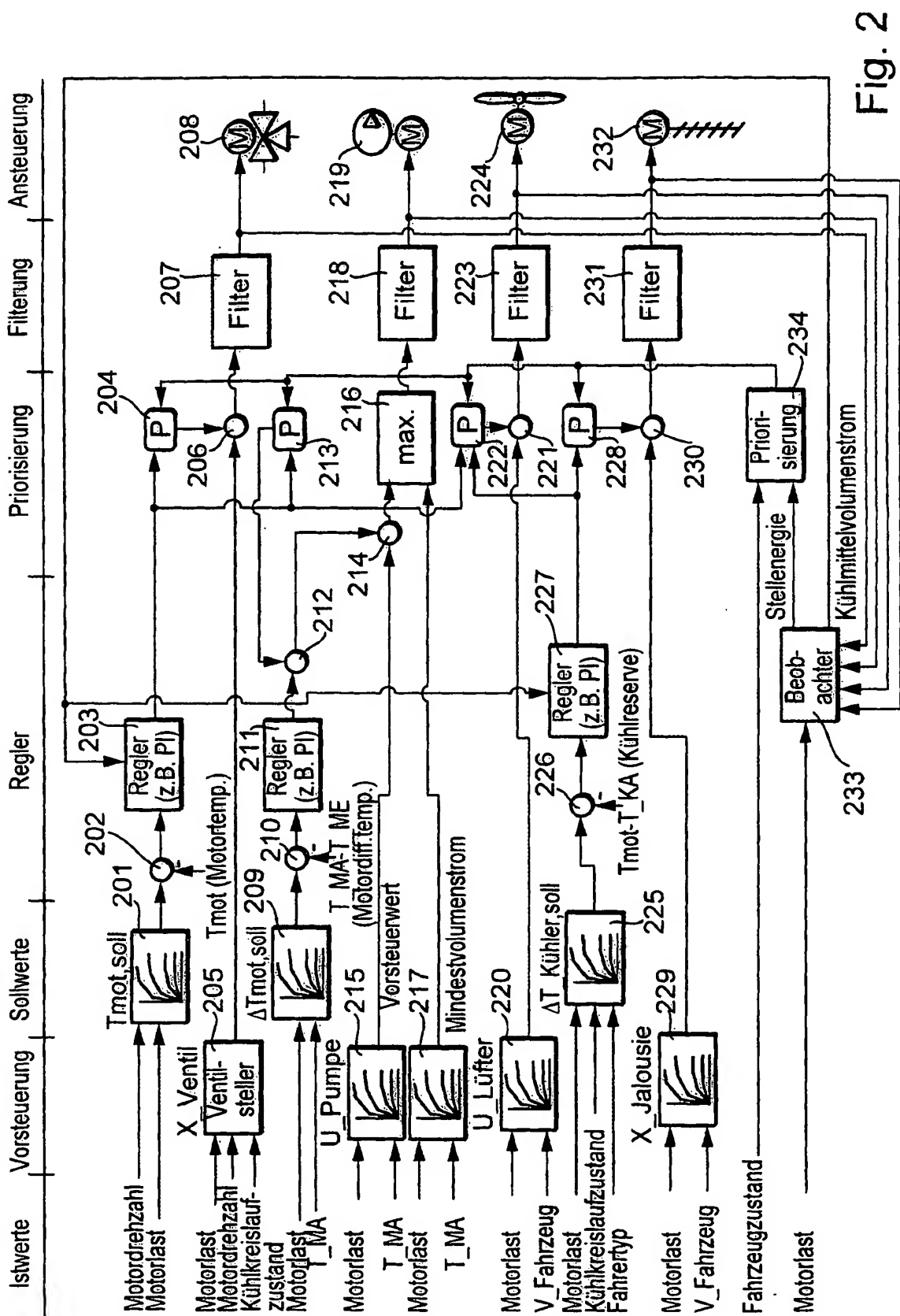


Fig. 1



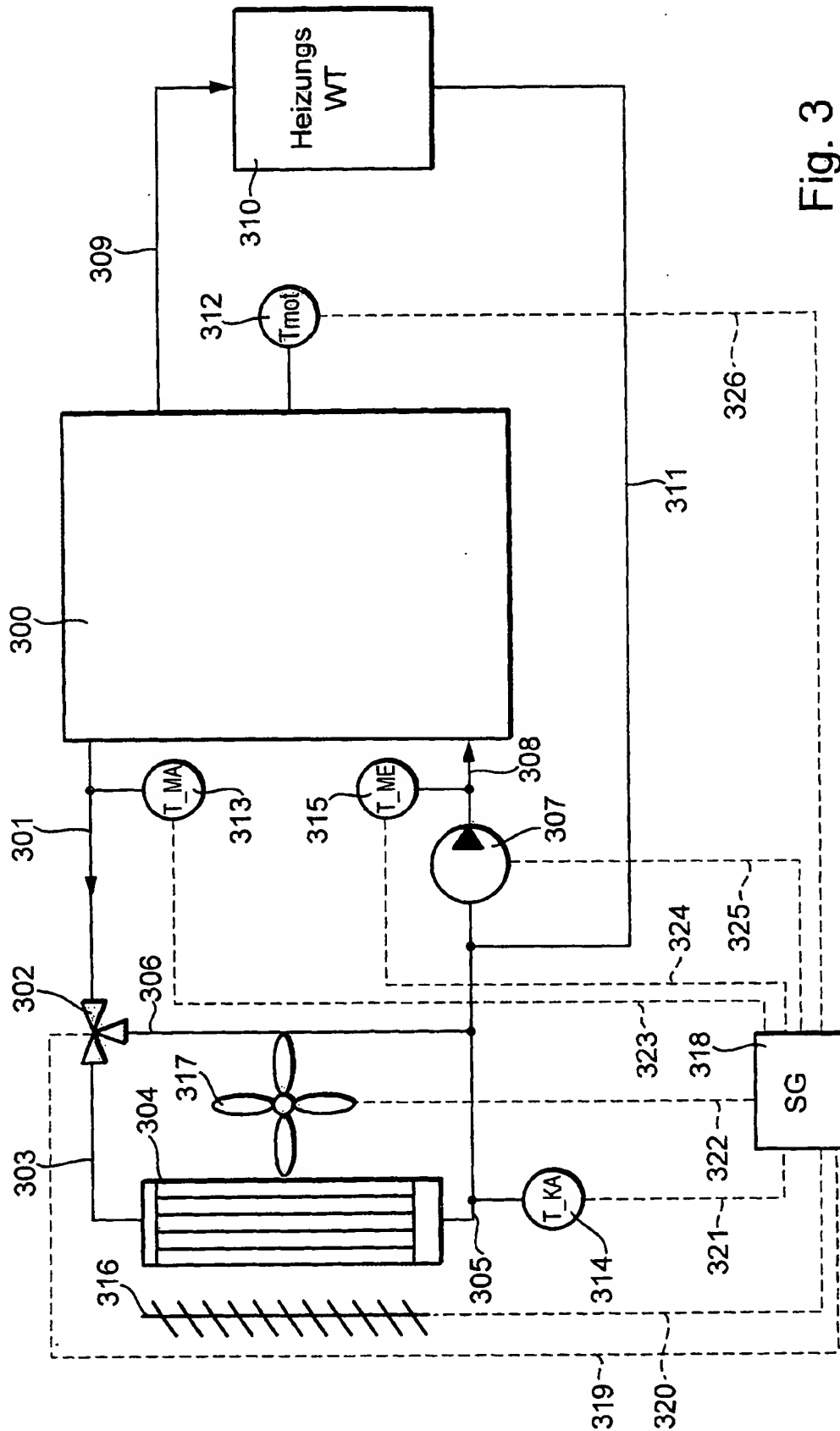


Fig. 3